

北海道大学大学院環境科学院
環境起学専攻
(人間・生態システムコース，環境適応科学コース，国際環境保全コース)

令和4年度大学院修士課程入学試験問題（秋季入試）

令和3年度10月入学大学院修士課程入学試験問題

専門科目

- ・ 環境科学系（3問），数理・物理系（2問），生態・地理系（2問），化学・生物系（2問）の計9問が出題されている。その中から2問を選択して解答すること。
- ・ 1問につき1枚の答案用紙を使用すること。
- ・ 答案用紙の表に書ききれない場合は裏を使用すること。
- ・ 答案用紙には系名および問題番号を記入すること。

令和3年8月24日

環境科学系

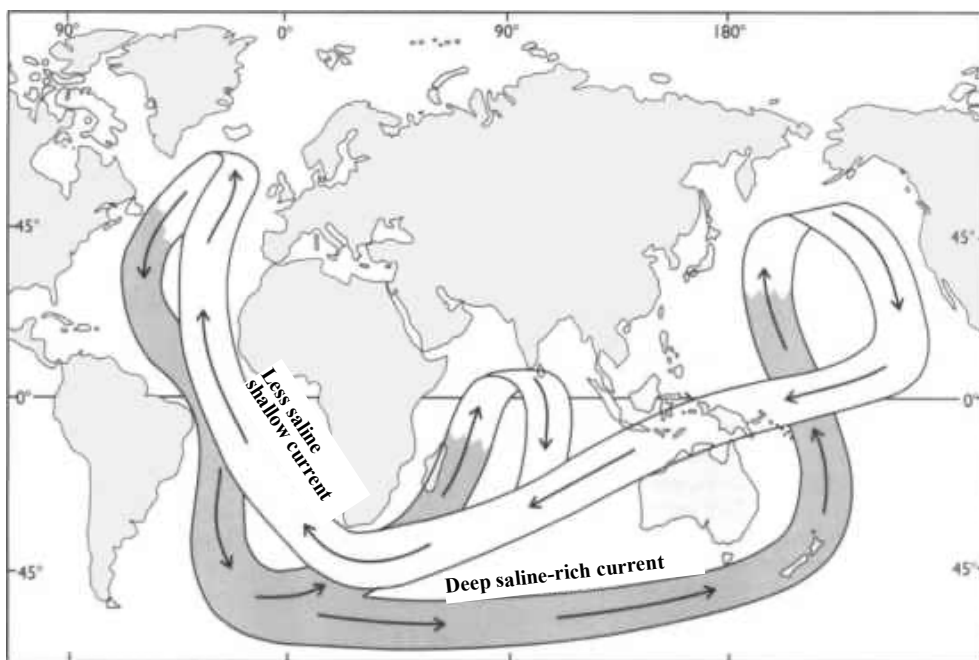
問1 以下の設問に答えよ。

- (1) ある国で、水道水の塩素消毒によって発がん性物質であるトリハロメタンが生じることをおそれ、塩素消毒をやめた結果、コレラ患者が急増したことがある。この政策決定にはどのような問題があったか、2～4行で説明せよ。
- (2) 廃棄物のリサイクルは、水平リサイクル、コンバージョンリサイクル、ケミカルリサイクル、サーマルリサイクルに分類される。これら4つのリサイクルについて、それぞれ何から何が作られるか例示せよ。
- (3) ダイオキシンや農薬・殺虫剤などの有機塩素化合物には残留性がある。有機塩素化合物の残留性が引き起こす問題について2～3行で説明せよ。
- (4) 大気中に放出された二酸化硫黄はどのような環境問題を引き起こすか3～4行で説明せよ。

環境科学系

問2 以下の設問に答えよ.

- (1) 地球上で水は固体, 液体, 気体として存在し, その総量は約 14 億 km³である. このうち淡水は何パーセントを占めるか. また, 人類が利用できる水はどのようなところにあり, その水はどのような条件を満たさなければならないか. 地球規模での水循環システムを踏まえて, 3~5行で記述せよ.
- (2) 人間活動によって汚染された水を適切に処理せずに河川や湖沼, 海洋に流すと, 赤潮が発生することがある. 赤潮が発生するメカニズムを3~5行程度で記述せよ.
- (3) 以下の図は熱塩循環と呼ばれる地球規模での海洋水循環を示している. 熱塩循環はどのような機構で駆動されるか3~5行程度で述べよ. また, 熱塩循環は地域の気候にどのように影響しているか 3~5行で記述せよ.



環境科学系

問3 次の文章を読んで以下の問（1）から（5）の全てに答えよ。

地球温暖化により気象の変化が予測されている。猛暑、熱波、大雨の出現頻度が増加し、サイクロンや台風の強度が増大する可能性が高い。一方で、全球スケールでは、(i)降水量の変化は地域により異なるとされている。このような環境変化の中で、(ii)安定した水供給を維持し、洪水災害を防止するには、適切なダム運用が効果的である場合がある。多くの多目的ダムでは水力発電が可能であり、(iii)環境負荷がゼロの（あるいは非常に低い）エネルギー源として温暖化への緩和策にもなり得る。一方で、(iv)土砂を貯留することにより下流の生態系や社会経済活動に負の影響を与えることが懸念されている。(v)河川の治水対策も時代とともに変化してきており、流域全体を考慮した水資源・土砂管理が今後求められる。

- (1) 下線部（i）について、降水量の増加と減少が予想される地域をそれぞれ一つずつ以下から挙げよ。
(a) 地中海、(b) 高緯度地域、(c) 半乾燥低緯度地域、(d) 赤道付近太平洋
- (2) 下線部（ii）について、森林の適切な管理も重要である。この理由を3行程度で説明せよ。
- (3) 下線部（iii）について、このようなエネルギーの総称を答えよ。また、水力のほかに環境負荷がゼロ（あるいは非常に低い）エネルギー源を3つ挙げよ。
- (4) 下線部（iv）について、具体例を2つ挙げ、それぞれ3行程度で説明せよ。
- (5) 下線部（v）について、最近では非常にコストのかかる輸中提のかさ上げなどを行っている。このような対策を行うようになった理由と、経済的な観点からの妥当性を3～5行程度で述べよ。

数理・物理系

問4 以下の(1)～(4)のすべての間に答えよ.

(1) 次の不定積分を計算せよ.

(a) $\int x^2 e^{3x} dx$

(b) $\int \sin^2 x \cos x dx$

(2) 次の関数を微分せよ.

(a) $x^2 e^{-x} \cos x$

(b) 2^x

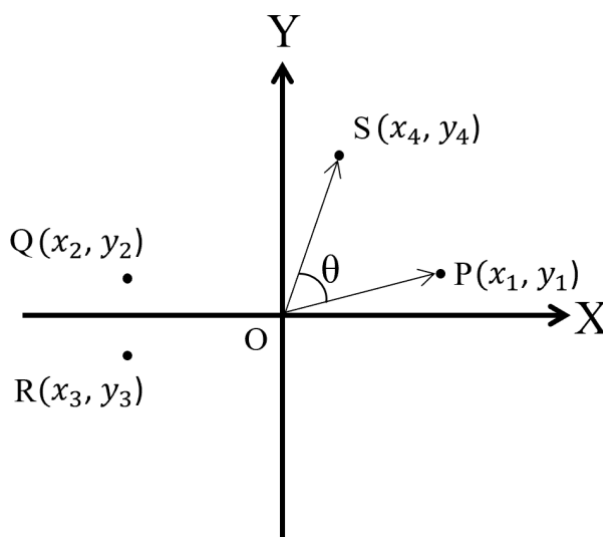
(3) 図をみて以下の問(a)～(d)に答えよ.

(a) 点PをY軸と対称に点Qへ移動させるとき, $\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \mathbf{A} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$ を満たす行列 \mathbf{A} を答えよ.

(b) 点Pを原点Oと対称に点Rへ移動させるとき, $\begin{pmatrix} x_3 \\ y_3 \end{pmatrix} = \mathbf{B} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$ を満たす行列 \mathbf{B} を答えよ.

(c) 原点Oを中心としてベクトル \overrightarrow{OP} をベクトル \overrightarrow{OS} まで θ 度回転させるとき, $\begin{pmatrix} x_4 \\ y_4 \end{pmatrix} = \mathbf{C} \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix}$ を満たす行列 \mathbf{C} を答えよ.

(d) $\theta=90^\circ$ のとき, $\mathbf{B} = \mathbf{C}\mathbf{C}$ であることを証明せよ.



(次頁へ続く)

(4) 関数 $f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ について以下の問に答えよ.

(a) $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx$ および $\int_{\mu}^{\infty} f(x)dx$ の値をそれぞれ答えよ (計算は不要).

(b) 変数 x の確率密度が $f(x)$ に従うとき, x の期待値 $\int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx$ が μ に等しくなることを証明せよ. ただし, ガウス積分の式 $\int_{-\infty}^{\infty} e^{-ax^2} dx = \sqrt{\frac{\pi}{a}}$ を用いること.

(c) (b) と同様に, x の分散が σ^2 に等しくなることを証明せよ. ただし, ガウス積分の式 $\int_{-\infty}^{\infty} x^2 e^{-ax^2} dx = \frac{1}{2a} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$ を用いること.

数理・物理系

問5 以下の(1)～(2)の間にすべて答えよ。

(1) 地球のエネルギー収支を説明する図1について以下の(a)～(e)の間に答えよ。

(a) 以下の語句について、それぞれ2行程度で説明せよ。

【 顕熱フラックス, 上向き長波放射, 大気窓, エアロゾル 】

(b) 日射量は太陽光発電や植物の光合成において重要な指標である。地表における平均的な日射量の強さを図1から読み取り、単位とともに答えよ。

(c) 図1の数値を用いて、地球の表面から1年間に蒸発する水の総質量をキログラム単位で求めよ。ただし、地球の表面積をA (m²), 蒸発の潜熱をL (J/kg) とする。計算の過程は省略せずを書くこと。

(d) 地球の気候における雲の役割について、放射収支の観点から3行以内で述べよ。

(e) 人工衛星は夜間でも雲の分布を観測することができる。その原理について、図1の語句を用いて3行程度で説明せよ。

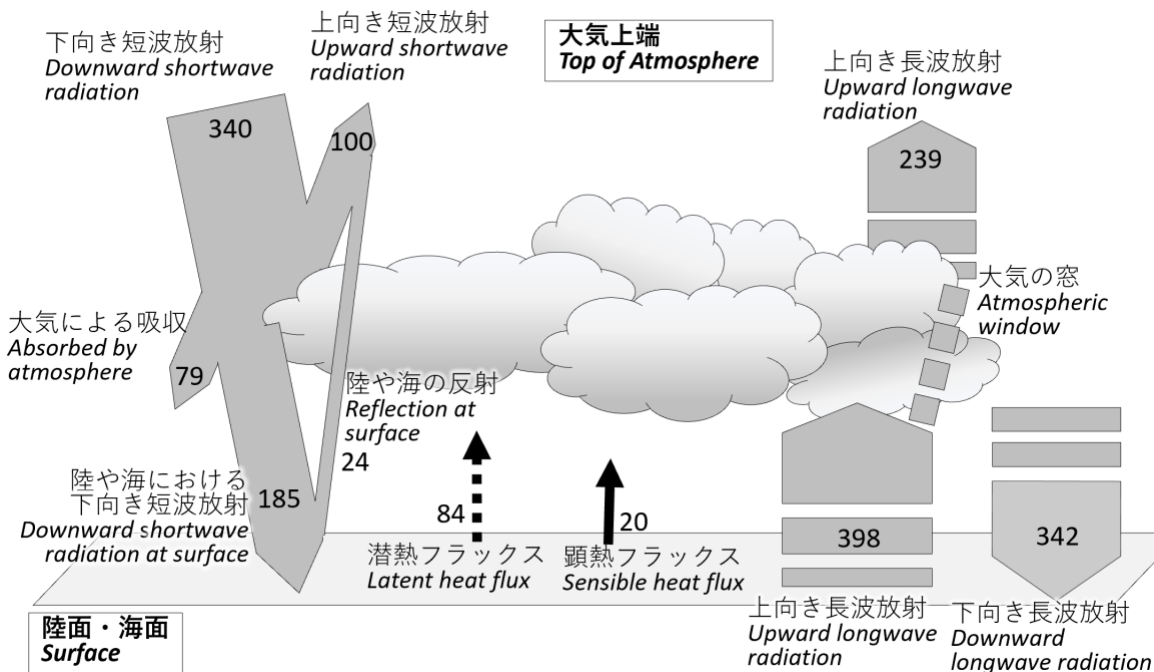


図1: 現在の気候における全球平均した地球のエネルギー収支. 数値はそれぞれの成分のエネルギーフラックスの強さ (単位: W/m²) を表す. IPCC 第5次評価報告書の図を一部改変.

(次頁へ続く)

(2) 大気と海の流れについて以下の (a) ~ (d) の間に答えよ。

(a) 以下の語句について、それぞれ2行程度で説明せよ。

【 貿易風, ハドレー循環, 水温躍層 】

(b) 図2は海面付近の風と海水の流れを表す模式図である。この図を参照しながら、赤道湧昇と沿岸湧昇についてそれぞれ2行程度で説明せよ。

(c) ラニーニャは、東部赤道太平洋の海面水温が平年よりも低くなる現象である。ラニーニャ時の下層風や海水の動きを3行程度で説明せよ。

(d) ラニーニャ時には東部赤道太平洋周辺の海洋生態系にどのような影響が生じると考えられるか。植物プランクトンという語句を用いて2行程度で説明せよ。

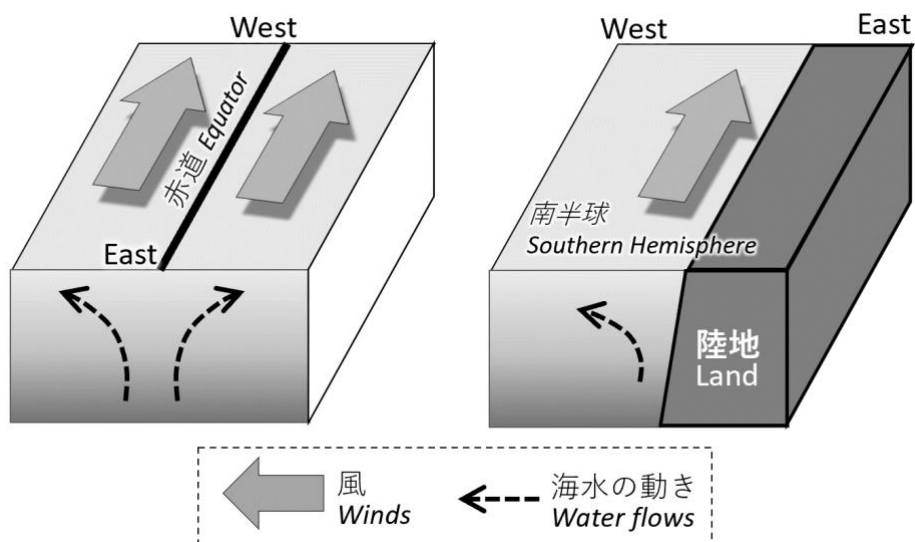


図2：海面付近の風と海水の流れに関する模式図。

生態・地理系

問6 以下の(1)から(3)の問にすべて答えよ。

(1) (i) から (v) の各用語の生態学上の定義または意味を、それぞれ2行程度で述べよ。

- (i) 生活史 (ii) 純一次生産 (iii) 食物網
(iv) 窒素固定 (v) 温室効果

(2) 文章を読んで、以下の問(a)から問(c)に答えよ。

降水量の十分な地域における遷移の後期には、⁽ⁱ⁾陽樹林が成立し、ついで⁽ⁱⁱ⁾陰樹林に置き換わることが多い。陰樹林は、極相林に相当することも多い。⁽ⁱⁱⁱ⁾極相林では、遷移途中段階の群集よりも種多様性が低くなることがある。

(a) 下線部(i)、(ii)を代表する樹種を1種ずつあげよ。

(b) 下線部(i)から下線部(ii)に遷移する理由を、「光飽和点、呼吸速度、光合成有効放射」の言葉を用いて4行程度で説明せよ。解答中で、これら3つの用語には下線を付すこと。

(c) (iii)となる理由を2行程度で説明せよ。

(次ページに続く)

(3) 以下に示す図表をもとに，(a) から (d) の間に答えよ。

表. 仮定の3つの実験区 (25m²) における植物の種毎の個体数. sp.1, sp.2, sp.3, sp.4 は異なる種を示し，各実験区における総個体数は12個体である。

	sp.1	sp.2	sp.3	sp.4	実験区総個体数
実験区 A	4	4	4	0	12
実験区 B	3	3	3	3	12
実験区 C	8	1	2	1	12

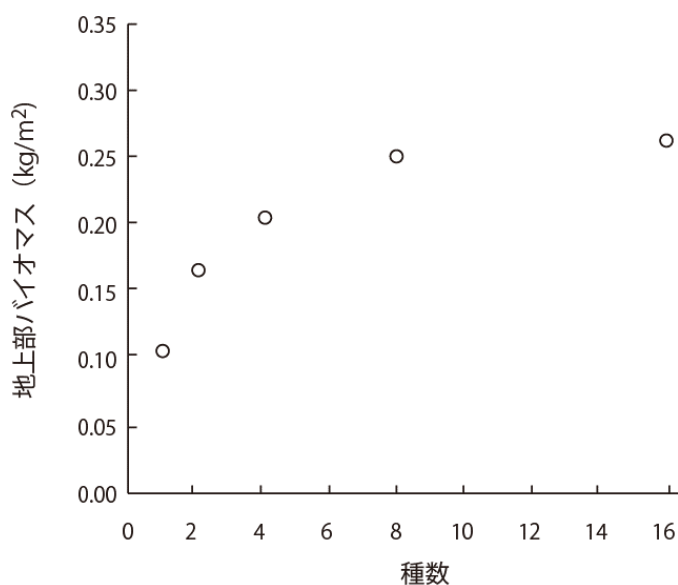


図. アメリカ中西部の草地生態系での実験区 (81m²) 内の平均植物種数と地上部バイオマスの関係. 各実験区における種数は異なるが，植物の生育密度は一定となるように調整されている. (Tilman et al., 2001 を改変)

(次ページに続く)

- (a) 表では、「均等度」と「種数」の両者を考慮した場合、実験区 B で最も種多様性が高い。実験区 B が A よりも種多様性が高い理由、実験区 B が C よりも種多様性が高い理由を、それぞれ 3 行程度で説明せよ。「均等度」と「種数」の 2 つの言葉を必ず用いること。
- (b) 図に関して、種数と地上部バイオマスを読み取り、種多様性保全の観点からのその重要性を 3 行程度で説明せよ。その際、「生態系の機能」という言葉を必ず用いること。
- (c) 図に関して、このような関係が生じる機構の 1 つを 3 行程度で説明せよ。
- (d) 図表にあるような実験区スケールで比較した場合、高緯度地域に比べて赤道付近低緯度で種数が高くなることが多くの生物において知られている。この理由として考えられている機構を 3 行程度で説明せよ。「純一次生産」と「気候」の 2 つの言葉を必ず用いること。

生態・地理系

問7 以下の(1)および(2)の間にすべて答えよ。

(1) 次の文章と図1は、河川の蛇行帯について示したものである。文章を読んで、下の(a)および(b)に答えよ。

直線河道において蛇行が発達する理由は、正確には十分解明されているとは言えない。ひとたび流れが揺れ動き始めると、蛇行が発生するものと思われる。蛇行流は、河道形態が流量に応じてつねに変化する(ア)のところでは発達しない。

蛇行帯の特性は図1に示されている。この図が示すように、蛇行屈曲部では、河道断面は屈曲部の外側において(イ)され、内側において(ウ)するので、⁽ⁱ⁾非対称となる。屈曲部には淵が形成され、淵と淵の間には(エ)が形成される。蛇行が移動するのにもない、蛇行は蛇行州がすでに形成されているところに(オ)や凹地などを残す。

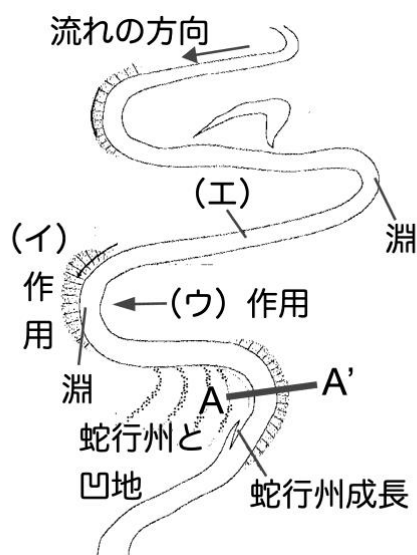


図1 蛇行帯の地形

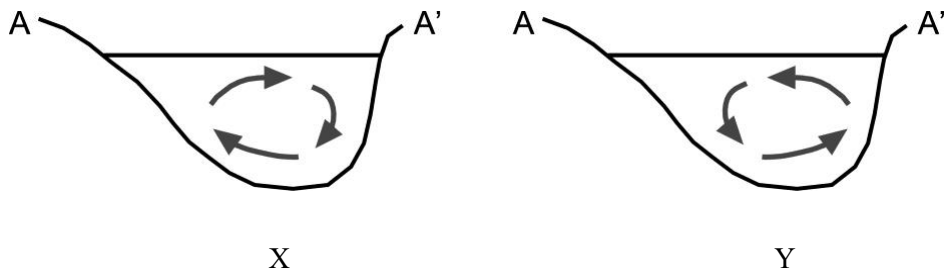
出典：『大学の地理学 I 自然地理学の基礎』古今書院 (2000)より抜粋，一部改変

(a) 下の語句から適当なものを選び、上の文章と図の(ア)から(オ)を埋めよ。

アウトウォッシュプレーン，涵養，砂地，消耗，侵食，瀬，堆積，三日月湖，陸繋島

(次ページに続く)

(b) 下線(i)に関して、図1中の区間A-A'の河道断面における水流の方向を示した図として正しいものを次のXおよびYから選び、選んだ理由を2行程度で記述せよ。



(2) 図2および図3は、同一地域のほぼ同じ範囲を示した新旧の地形図の一部である。これらの図を見て、以下の(a)から(f)に答えよ。

- (a) 図2および図3中の河道区間B-B'の河川勾配は同じか、あるいは異なるか。また、その理由を3行程度で述べよ。
- (b) 図3中の地点Cと地点Dの標高差を求めよ。
- (c) 図2に示したEとFの地形の特徴をそれぞれ1行程度で述べよ。
- (d) 図3中のQとRの湖はどちらが古いと考えられるか。その理由を3行程度で述べよ。
- (e) 図2中に示された大きく蛇行したT河道(区間B-B')が図3中の河道区間B-B'のような直線的な河道に変わった理由を一つだけ1行程度で述べよ。
- (f) 図2と図3とを比べると、この地域では、図3の時期までに、ある災害の発生が軽減された。このことによって図2の時期から図3の時期までに土地利用がどのように変わったか4行程度で述べよ。

(次ページに続く)

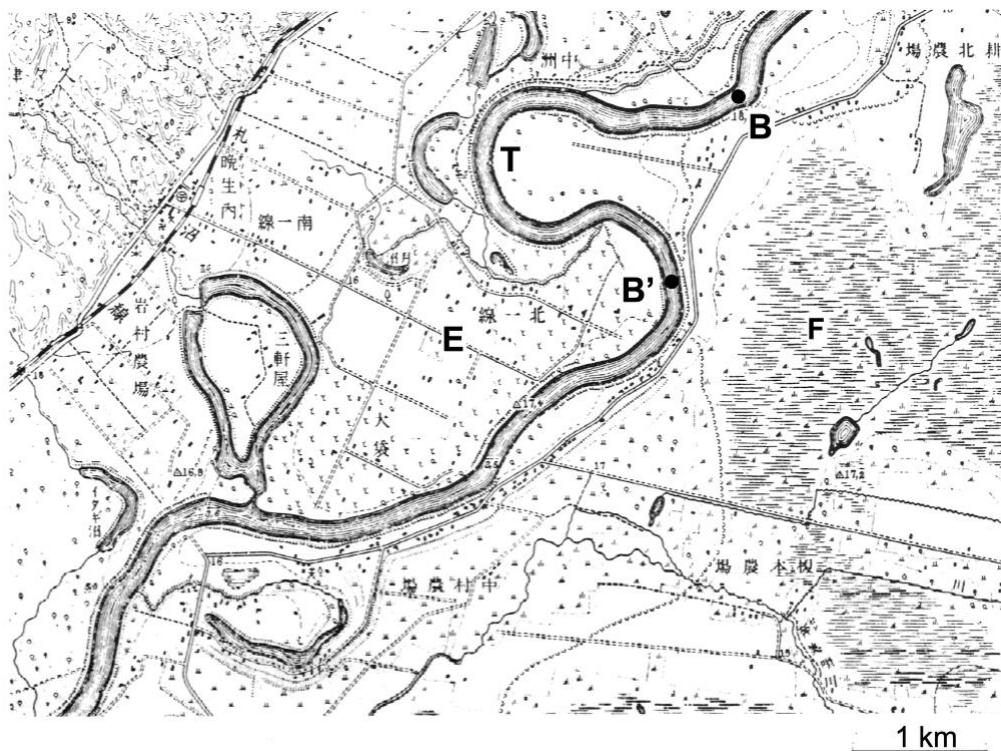


図2. 北海道のある地域の古い地形図（1916年）.

出典：『写真と図でみる地形学』東大出版会（1985）より（原図は5万分の1地形図）

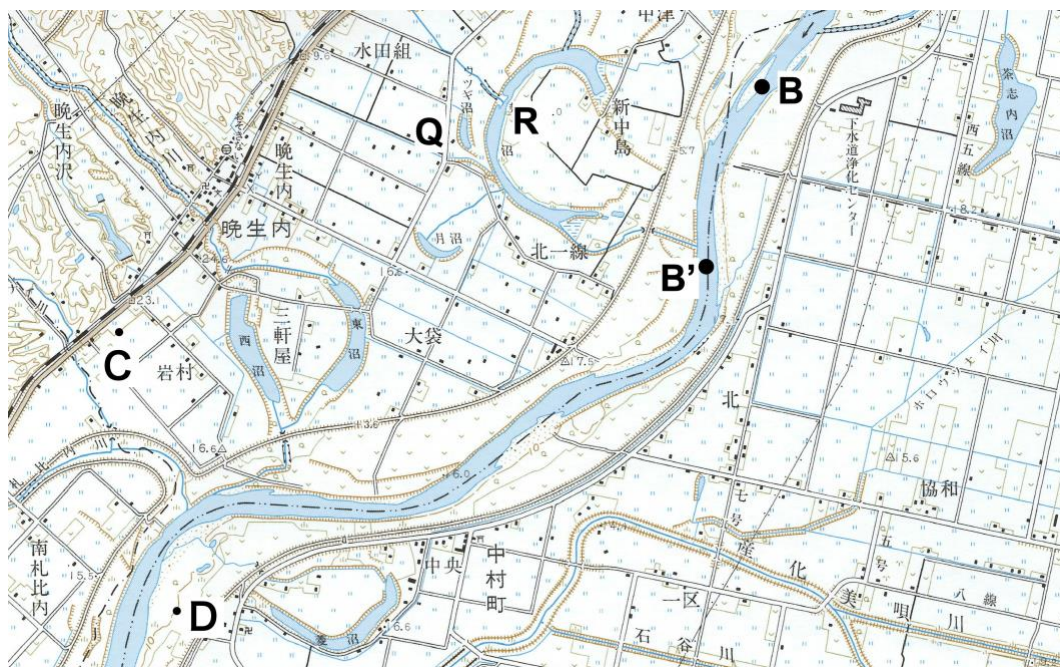


図3. 図2と同じ地域（ほぼ同じ範囲）の新しい地形図（1995年）.

国土地理院発行（原図は5万分の1地形図）

化学・生物系

問 8 次の(1)から(4)の問にすべて答えよ。計算問題では答えを導くための途中の計算過程も省略せずに、答案用紙に示せ。必要があれば、次の原子量を用いよ。C : 12, N : 14, O : 16, Mg : 24

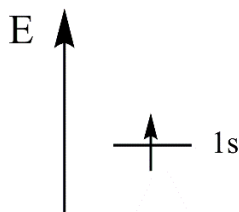
(1) 原子構造に関する以下の問に答えよ。

(a) シュレーディンガー方程式を解いて得られる波動関数には 3 種類の量子数が含まれる。それらの名称を述べよ。

(b) $2p_z$ 及び $3d_{x^2-y^2}$ 軌道について、その形を位相 (振幅のプラス, マイナス) と方向が分かるように描け。

(c) 基底状態におけるケイ素 Si の電子配置を、下図を参考にして記せ。

例) 水素 H



(2) ペンタンの構造異性体の沸点は、*n*-ペンタン : 36.1°C, 2-メチルブタン : 27.9°C, 2,2-ジメチルプロパン : 9.5°C, とかなり異なっている。この違いについて、分子構造の観点から説明せよ。

(3) 窒素 N_2 雰囲気中で Mg 0.300g を強く加熱すると化学反応が起こり、Mg と N を含む化合物が得られた。生成物の収量は 0.416g であった。この生成物の組成式を求めよ。

(4) 自動車の排ガス中に含まれる一酸化窒素は、空気中で酸素と反応し二酸化窒素となる。この反応に関して、一酸化窒素と酸素の初濃度を変えながらその初速度を調べたところ、以下の結果を得た。

実験	初濃度 (mol L ⁻¹)		初速度 (mol (一酸化窒素) L ⁻¹ s ⁻¹)
	一酸化窒素	酸素	
1	0.015	0.020	0.15
2	0.030	0.020	0.60
3	0.030	0.040	1.20

(a) この時の反応を化学反応式で示せ。

(b) この反応の総次数を答えよ。

(c) この反応の速度定数を単位も含めて有効数字 2 桁で記せ。

化学・生物系

問9 次の(1)と(2)について解答せよ。

(1) 次の2つの単語の意味と相互の関係について6行程度で説明せよ。(a)から(d)の4問すべてに解答せよ。

- (a) 転写調節, オペロン
- (b) イントロン, cDNA
- (c) 能動輸送, サイトーシス
- (d) ヒストン, クロマチン構造

(2) 以下の(a)から(h)の文章は正しいかどうかをそれぞれ判断せよ。もし誤りならその理由を書け。

- (a) 細胞はその生存に必要なシグナル全てを得られなくなったら、自殺プログラムを活性化して細胞死する。この過程をアポトーシスという。
- (b) 好気性代謝のためのエネルギーを動物細胞はグルコースと脂肪酸の形で蓄えている。
- (c) アセチル CoA 中の2個の炭素原子を二酸化炭素に酸化する際に得られる高エネルギー化合物を生産することが、代謝におけるクエン酸回路の最も重要な役割である。
- (d) リソソームとは核を持つ真核細胞のほぼすべてにある膜袋状の小器官である。
- (e) 動物細胞も植物細胞も一般的に1個のゴルジ装置を含んでいる。
- (f) 細胞内のリン脂質は小胞体に組み込まれたのち、輸送小胞によりミトコンドリアへ輸送される。
- (g) ミトコンドリアの外膜の穴はタンパク質の通過の障壁にはならないほど大きい。
- (h) 膜タンパク質の大部分は脂質二重層の両側の表面にさらに単分子の層を重ねる形で存在している。